

А.Л. Прилипко, А.П. Тарасюк, д-р техн. наук, Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОНТУРНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ ПАКЕТОВ МЕТАЛЛ - КОМПОЗИТ

Представлені результати розрахунків впливу умов контурного фрезерування на напружений стан і руйнування пакетів метал - композит в програмному пакеті ANSYS. За результатами моделювання було встановлено раціональні технологічні параметри процесу контурного фрезерування пакетів метал – композит.

Ключові слова: контурне фрезерування, напружений стан, руйнування, пакет метал -композит

Представлены результаты расчетов влияния условий контурного фрезерования на напряженное состояние и разрушение пакетов металл - композит в программном пакете ANSYS. По результатам моделирования были установлены рациональные технологические параметры процесса контурного фрезерования пакетов металл – композит.

Ключевые слова: контурное фрезерование, напряженное состояние, разрушение, пакет металл -композит

The results of calculations of the effect of conditions contour milling on the stress state and destruction of the packages, the metal - composite in the software package ANSYS. The results of the simulations were set rational technological parameters of the process contour milling packages metal – composite.

Keywords: contour milling, stress state, destruction, metal - composite package

1. Постановка проблемы

Различные физико-механические свойства материалов которые входят в состав пакета металл-композит (ПМК), а так же неоднородность структуры материала, ярко выраженная анизотропия свойств, высокие упругие свойства волокнистых полимерных композитов, различие свойств наполнителя и связующего с одной стороны и вязкостью, высоко пластичностью дюралюминия с другой стороны, что требуют тщательного подхода при обосновании модели контактного взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым пакетом. Эти особенности определяют специфику разрушения пакетов металл - композит при резании, а поскольку целью исследования является повышение качества поверхностного слоя и снижения разрушений по поверхности раздела при контурном фрезеровании. Необходимо учитывать особенностей разрушения и физико - механические свойства материалов при моделировании процесса механической обработки.

2. Цель исследования

На основе разработанной модели взаимодействия режущего инструмента на обрабатываемый пакет металл – композит выявить закономерности разрушения материалов входящих в состав пакета при

контурном фрезеровании и установить рациональные технологические параметры процесса обработки, обеспечивающие минимизацию разрушений по поверхностям раздела компонентов пакета металл композит.

3. Основные материалы исследований

Скорость резания

В качестве постоянных для расчетов приняты следующие условия: $t = 0,2$ мм; $S = 20$ мм/мин; $V = 2,61$ м/с; $a = 0,0276$ (мм); $\alpha = 15^\circ$; $\gamma = 0^\circ$; $\omega = 65^\circ$; $\rho = 5$ мкм; $h_3 = 0,05$ мм.

При исследовании было установлено, что на скорость деформации влияют пределы прочности и упругие свойства ПМК, учитывая это, распределение напряжений и начало разрушения зависят от скорости резания.

Анализ напряженно деформированного состояния (рис. 2) при изменении скоростей резания позволил установить, что с увеличением скорости резания уменьшаются нормальные и касательные напряжения, а также уменьшается величина действующих усилий резания, причем для разных значений геометрических параметров режущей части инструмента. Это свидетельствует о том, что снижается работа пластической деформации полимерной составляющей пакета металл - композит. Наряду с этим повышается хрупкость разрушения, а фактическая площадь контакта по задней поверхности уменьшается, что позволяет снизить работу сил трения по задней поверхности режущего инструмента [1].

Анализ графика (рис. 1) показывает, что с увеличением скорости резания с 1,85 до 2,61 м/с напряжения в стеклопластике вдоль оси уменьшаются с 137 до 9,4 МПа, а следовательно и деформация композита при резании вдоль оси Z уменьшается с 81% до 63%.

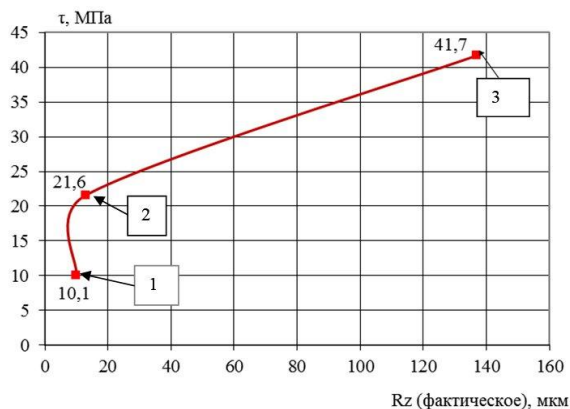


Рисунок 1 – Взаимосвязь между распределением напряжений и шероховатостью поверхности при различных значениях скоростей резания:
1 - $V = 2,61$ м/с; 2 - $V = 2,24$ м/с; 3 - $V = 1,85$ м/с

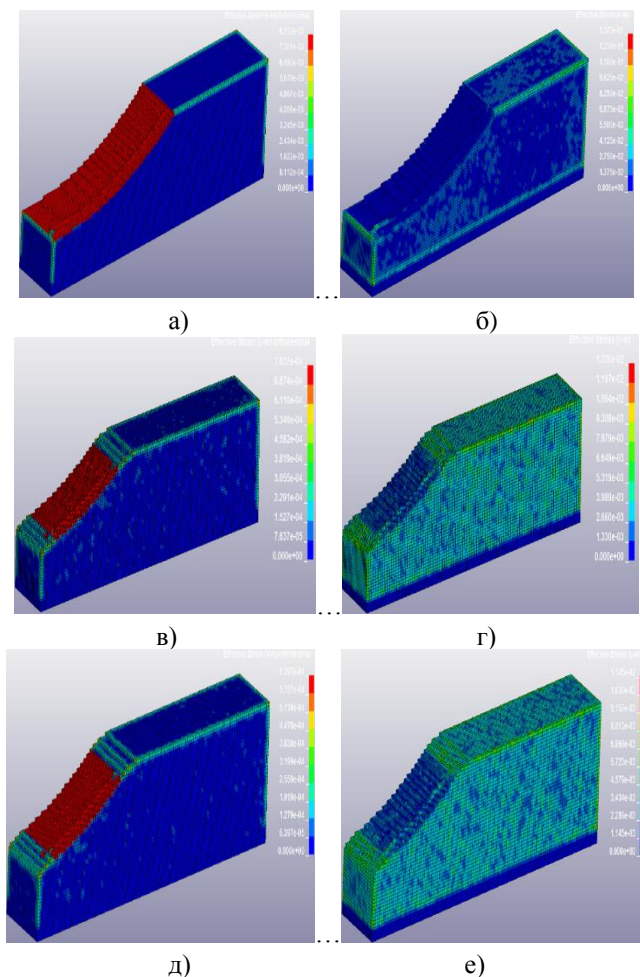


Рисунок 2– Деформация при скорости резания:

а) – 1,85 м/с; в) – 2,24 м/с; д) – 2,61 м/с;

Касательные напряжения на поверхности раздела при скорости резания:

б) – 1,85 м/с; г) – 2,24 м/с; е) – 2,61 м/с

Это повышает эффективность разрушения композита вдоль оси Y за счет сдвиговых напряжений и уменьшает глубину разрушений вдоль поверхностей раздела под действием напряжений τ .

Анализируя графики, приходим к выводу, что с увеличением скорости резания шероховатость поверхности стеклопластика улучшается и достигает

R_z (факт.) = 10,1 мкм, что приводит к уменьшению глубины трещин и повышению качества поверхностного слоя. Сами графики имеют большую крутизну, что говорит о меньшей глубине распространения напряженного состояния. Таким образом, мы можем рекомендовать эффективную обработку стеклопластика при скорости резания 2,61 м/мин.

Задний угол

Изменение величины заднего угла режущего инструмента слабо влияет на напряжения, которые действуют вдоль оси Y (рис. 3). Это свидетельствует о том, что изменяется сила трения на задней поверхности, а изменение величины заднего режущего инструмента слабо влияет на шероховатость поверхности R_z (факт.). На (рис. 4) представлено влияние, величины заднего угла режущего инструмента на напряженно-деформированное состояние ПМК на основании проведенных расчетов.

При уменьшении заднего угла увеличивается шероховатость ПМК, а также возникновению трещин, что вызвано увеличением фактической площади контакта по задней поверхности режущего инструмента и приводит к росту напряжений. Ниже плоскости разрезания материала напряжения τ не оказывают разрушающего воздействия на ПМК [2,3].

На основании проведенных расчетов нами было установлено, что для режущего инструмента оптимальное значение заднего угла 15° .

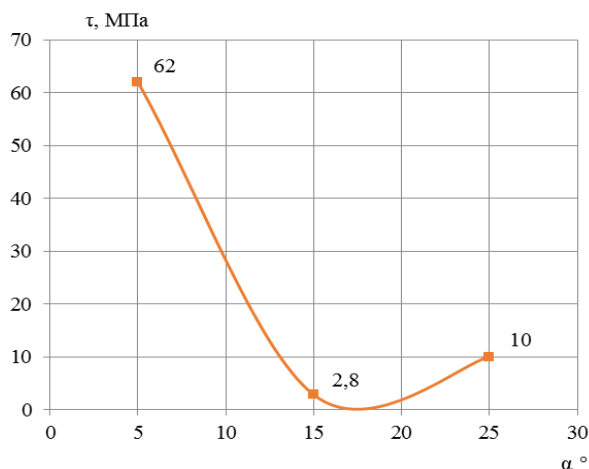


Рисунок 3 – Влияние заднего угла на распределение напряжений:
 $\alpha = 5^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $\alpha = 25^\circ$

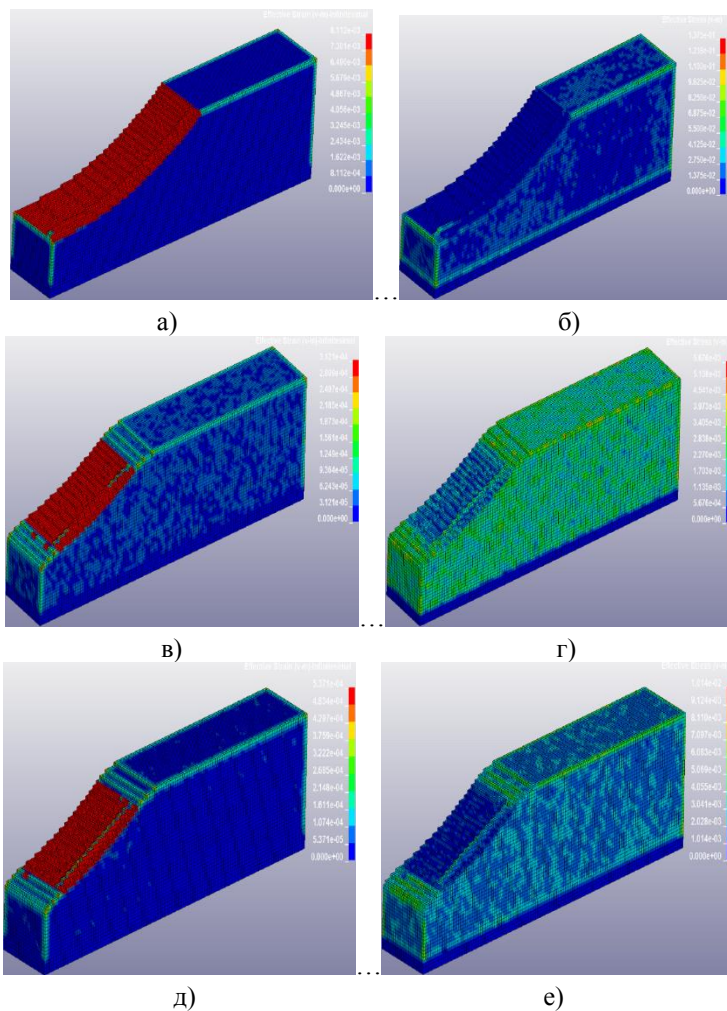


Рисунок 4 – Деформация при величине заднего угла α :

а) - 5° ; б) - 15° ; в) - 25° ;

Касательные напряжения на поверхности раздела при величине заднего угла α :

б) - 5° ; г) - 15° ; е) - 25°

Глубина резания

Глубина резания, как параметр режима резания, оказывает наибольшее влияние на напряженное состояние вокруг зоны резания и непосредственно в самой зоне резания (рис. 5).

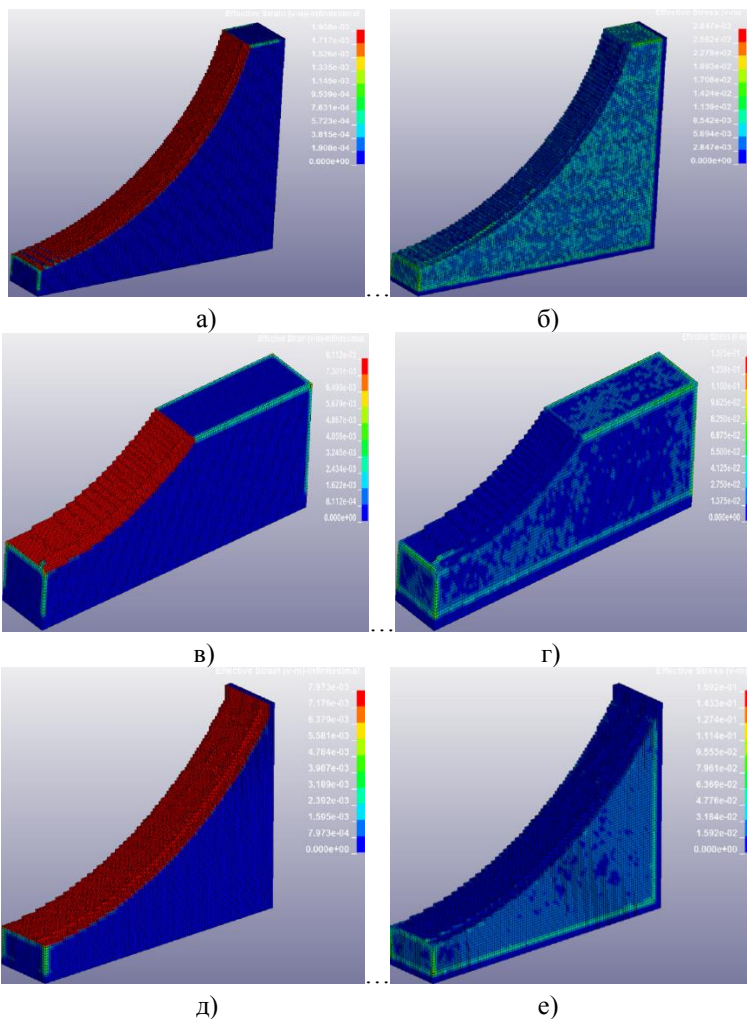


Рисунок 5 – Деформация при глубине резания t :

а) - 0,2 мм; в) - 0,65 мм ; д) - 1,1 мм;

Касательные напряжения на поверхности раздела при глубине резания t :

б) - 0,2мм; г) - 0,65 мм; е) - 1,1 мм

С ростом глубины резания растет сила резания, особенно ее тангенциальная составляющая, что приводит к росту напряжений и деформации ПМК вплоть до достижения предела прочности на сжатие и предела адгезионной прочности на разрыв, что приводит к повышению

шероховатости поверхностного слоя ПМК. Нарушается адгезионная связь, наблюдается вытаскивание волокон из матрицы, расслоение краев материалов, роста трещин на границе соединения материалов составляющих ПМК. При этом существенно повышается шероховатость обработанной поверхности и качество поверхностного слоя [4].

Сильное изменение напряжений объясняется (рис. 6) тем, что с увеличением глубины резания возрастает тангенциальная сила, а также увеличения трения по задней поверхности.

Проведенные расчеты подтверждают факт необходимости уменьшения глубины резания ПМК для достижения высокого качества обработанной поверхности.

Проведенные исследования позволили установить область оптимальной глубины резания которая составляет 0,1 - 0,3 мм, для исследуемых ПМК, позволяющая достичь высокого качества поверхностного слоя.

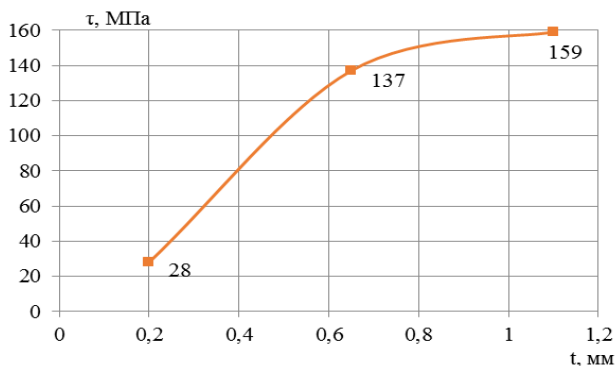


Рисунок 6 – Влияние глубины резания на распределение напряжений:
 $t = 0,2$ мм; $t = 0,65$ мм; $t = 1,1$ мм

Подача

На рис. 8 представлено влияние подачи на напряженно-деформированное состояние ПКМ. В результате проведенных расчетов было установлено, что с увеличением подачи существенно увеличивается ворсистость и шероховатость, особенно высота несрезанных волокон, что связано с возрастанием силы резания, приводящей к расслоению и возникновению микро неровностей, на поверхности обрабатываемых пакетов, а так же уменьшением числа циклов, воздействия режущих кромок инструмента, на поверхность обрабатываемого ПМК, что в свою очередь приводит к изменению стружкообразования и увеличения силы трения [5, 6].

На основании проведенных расчетов нами было установлено, что для режущего инструмента оптимальное значение подачи составляет 20 мм/мин.

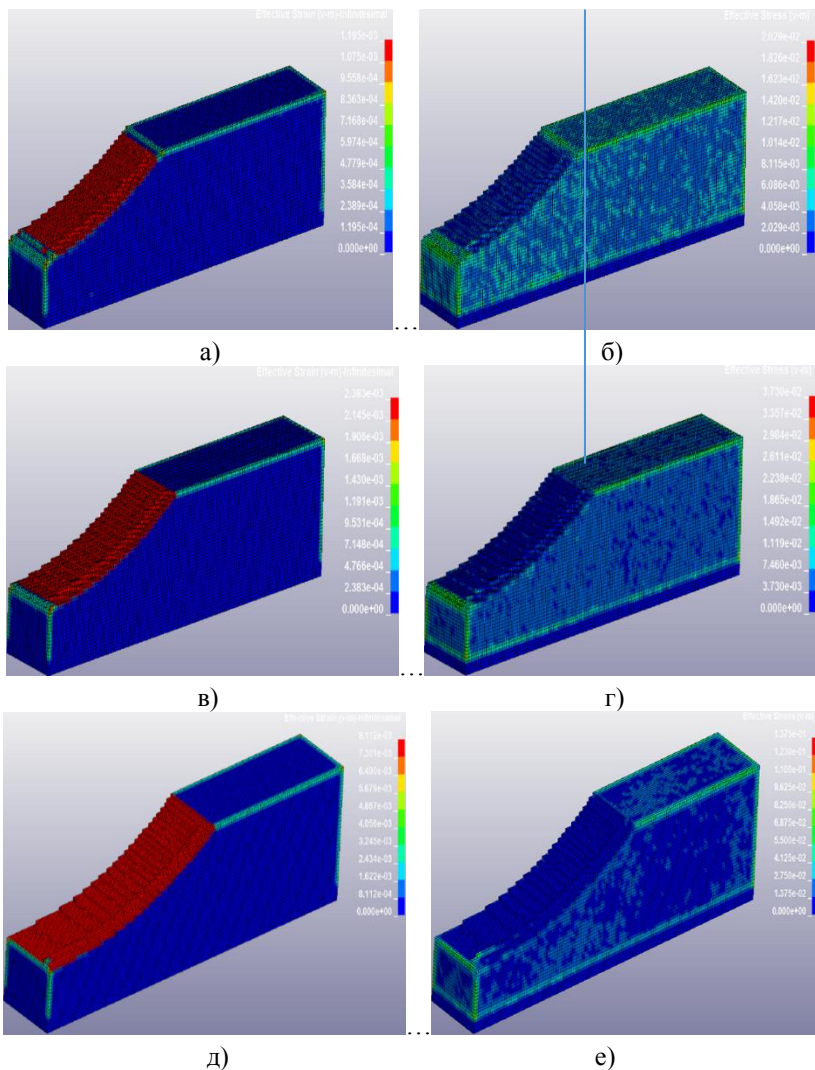


Рисунок 7 – Деформация при подаче S:
 а) - 20 мм/мин; в) - 31,5 мм/мин; д) - 50 мм/мин;
 Касательные напряжения на поверхности раздела при подаче S:
 б) - 20 мм/мин; г) - 31,5 мм/мин; е) - 50 мм/мин

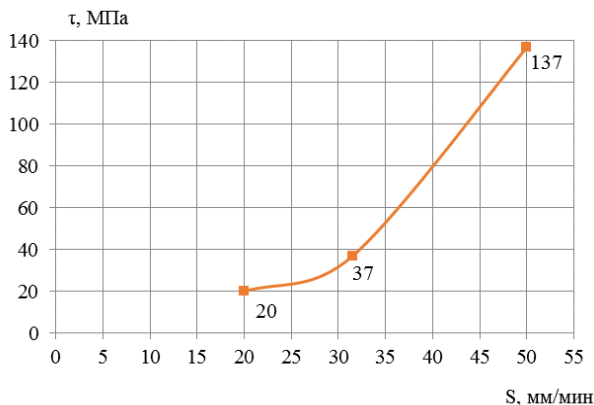


Рисунок 8 – Влияние подачи на распределение напряжений:
 $S = 20$ мм/мин; $S = 31.5$ мм/мин; $S = 50$ мм/мин

Выводы:

1. Установлено, что разрушения при контактном воздействии режущего инструмента в процессе резания пакетов металл – композит зависят от физико-механических свойств используемых материалов, а так же энергетических характеристик процесса резания.

2. Моделирование взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым пакетом металл – композит позволило установить, что основной закономерностью увеличения шероховатости поверхности материалов пакета, являются технологические параметры процесса резания (скорость, подача, глубина резания).

3. Оптимальное значение скорости резания было установлено исходя из ее влияния на динамически упругие и прочностные свойства пакетов металл – композит. Для стеклопластика оптимальная скорость составляет 2,61 м/с.

4. Установлено, что на разрушение поверхности в зоне резания и поверхностного слоя композита пакетов металл – композит определяется величиной возникающих нормальных напряжений, а так же величиной фактической площади контакта по задней поверхности. Проведенные расчеты позволили установить значения заднего угла 15° .

5. Проведенные исследования позволили установить область оптимальной глубины резания которая составляет 0,1 - 0,3 мм, для исследуемых ПМК, позволяющая достичь высокого качества поверхностного слоя.

Список используемых источников: 1. Руднев А.В. Обработка резанием стеклопластиков / А.В. Руднев. 2. В.Г. Сороченко // Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-технический сборник. – Харьков.: НГУ “ХПИ”, 2009 – вып.76, стр. 214-

224. **3.** А.И. Долматов, М.А. Курич // Сборник научных трудов. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Харьков.: НАКУ «ХАИ» - 2008. Вип.38 – с.31-35. **4.** В. Г. Сенчишин, Н. В. Вerezub // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – вып. 59. – с. 157-163. **5.** А. П. Тарасюк. Технологии механической обработки полимерных композитов [Текст монографии] / А. П. Тарасюк, О.Л. Кондратюк, Н.В. Вerezub: УИПА. – Харьков: «Точка», 2015. – 228 с. **6.** Д.В. Криворучко. Механическая обработка композиционных материалов при сборке летательных аппаратов (аналитический обзор) : монография / Криворучко Д.В., Залого В.А., Колесник В.А. и др. ; под общей ред. проф. В.А. Залого. – Сумы : Университетская книга, 2013. – 272 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Rudnev A.V. Obrabotka rezaniem stekloplastikov / A.V. Rudnev. **2.** V.G. Sorochenko // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah. Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij sbornik. – Har'kov.: NGU "HPI", 2009 – vyp.76, str. 214-224. **3.** A.I. Dolmatov, M.A. Kurich // Sbornik nauchnyh trudov. Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov. – Har'kov.: NAKU «HAI» - 2008. Vip.38 – s.31-35. **4.** V. G. Senchishin, N. V. Verezub // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah. – Har'kov: NTU «HPI», 2001. – vyp. 59. – s. 157-163. **5.** A. P. Tarasjuk. Tehnologii mehanicheskoy obrabotki polimernih kompozitov [Tekst monografii] / A. P. Tarasjuk, O.L. Kondratjuk, N.V. Verezub: UIPA. – Har'kov: «Tochka», 2015. – 228 s. **6.** D.V. Krivoruchko. Mehanicheskaja obrabotka kompozicionnyh materialov pri sborke letatel'nyh apparatov (analiticheskij obzor) : monografija / Krivoruchko D.V., Zaloga V.A., Kolesnik V.A. i dr. ; pod obshhej red. prof. V.A. Zalogi. – Sumy : Universitetskaja kniga, 2013. – 272 s.